©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Kettensystem

Von Walther E. Petrascheck jun., Leoben

Mit 4 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 27. Jänner 1955)

Es soll in den folgenden Zeilen versucht werden, die Beziehungen zwischen dem tektonischen Bauplan und der Verteilung der Erzlagerstätten im System der mediterranen Gebirgsketten zu skizzieren. Die Ergebnisse der Forschungsrichtung einer vergleichenden Tektonik, wie sie von Ed. Suess geschaffen und insbesondere von L. Kober, H. Stille, R. Staub und E. Argand weitergeführt wurde, sollen mit einer vergleichenden Lagerstättenkunde verknüpft werden.

Die Studie gründet sich auf die reichhaltige Literatur und auf eine persönliche Anschauung, die ich seit vielen Jahren durch wiederholte Aufnahmearbeiten und Besichtigungsreisen auf der Balkanhalbinsel, der Krim, in Kleinasien, den Ostalpen, Norditalien, Tunesien und Algerien gewonnen habe.

Gebirgszusammenhänge.

Die Verbindung der mediterranen Kettengebirge zu einem System und die gebirgsmechanische Erklärung dieses Systems wird auf verschiedene Weise versucht. Auf der einen Seite stehen die zwar auch nicht völlig gleichartigen, aber doch verwandten Auffassungen von E. Suess, E. Argand und R. Staub, die von einem Nordvorstoß des afrikanischen Blockes gegen den europäischen ausgehen, wobei in deren Randbereichen aus verschiedenen sich ablösenden Senkungströgen die jungen Gebirgsketten ausgefaltet wurden. L. Kober und H. Stille vertreten konsequent die Vorstellung von der Zweistämmigkeit des Orogens, indem sich in geschlossenem Zuge ein Nordstamm um das nördliche, also das europäische, ein Südstamm um das südliche, also das afrikanische Vorland schlingt, entstanden durch das Anpressen der Vorlandsblöcke an die Ränder der großen mediterranen Geosynklinale; wo Nordstamm und Südstamm aneinandergrenzen, liegt eine Scheitelung, wo ungefaltete Bereiche dazwischenliegen, ein

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zwischenland. Schließlich besteht die von O. Ampferer begründete, von E. Kraus für die großen Gebirgssysteme erweiterte Vorstellung der Verschluckung der Mittelzonen unter den Orogenen, wobei die beiderseitigen Vorländer unter das Gebirge gezogen werden. Alle diese Anschauungen unterscheiden sich nicht so sehr in der Verbindung der mediterranen Kettengebirge, als in der ohnehin noch sehr hypothetischen mechanischen Erklärung. Vermutlich wird man der Wahrheit am nächsten kommen, wenn man keine der drei Erklärungsversuche als alleingültig annimmt, sondern die Entstehung des heutigen Bildes in einem beiderseitigen Heranschieben und Unterschieben der Vorlandsblöcke unter das werdende Gebirge sieht, bei stärkerer Aktivität des afrikanischen Blockes. Insbesondere hat der weitreichende Vorstoß des Mittelabschnittes des afrikanischen Blockrandes — das „afrikanische Promontorium" Argands — die ausgebuchtete Faltenschlinge Karpathen—Alpen—Apennin erzeugt und wohl auch durch die extreme Einengung im Alpenstrang besondere Bedingungen für die Metallogenese geschaffen.

Hinsichtlich der Gebirgszusammenhänge im Ostabschnitt des Orogens besteht ziemliche Einmütigkeit, daß der Balkan gegen Osten ausklingt. Die pontische Küstenkette ist vielmehr die unmittelbare Fortsetzung der Subbalkanischen Kreide-Eruptivzone. Von Maidanpek in NO-Serbien bis Hopa an der türkisch-russischen Grenze erscheint das Senon in der gleichen Fazies, bestehend aus weißen und rosa Mergeln, eingeschalteten mächtigen Andesitlaven und Tuffen sowie jüngeren dazitisch-rhyolitischen und dioritisch-syenitischen Durchbrüchen. Die fernsten Ausstrahlungen dieses Vulkanismus sind vermutlich die Einlagerungen quellender Bleichtone in den senonen und eozänen Sedimenten der südlichen Krim. Die Faltung ist gegen Norden gerichtet.

Das Alter der Faltung ist in Bulgarien von E. Bončev als nachsenonisch, zum Teil auch untereozän bestimmt worden; untereozän ist es nach Fuat Baykal auch jenseits des Bosporus auf der Bytynischen Halbinsel. Im Mittelabschnitt der Pontiden galten die Hauptbewegungen dagegen bisher als mittelkretazisch. Bei einer Detailkartierung, die ich 1954 westlich von Cide durchführte, stellte sich jedoch heraus, daß die von C. Lebling nur als Randaufschiebung des Malm-Urgonkalkes auf Senon gedeutete Position des Kalkes einer weitreichenden flachen Deckengrenze entspricht, auch dort, wo dieser Kalk bisher als transgressiv über Perm und Lias galt. Es hat also auch hier eine starke nachsenonische Orogenese stattgefunden. Ähnliches hat schon Th. Fratschner aus seiner Kartierung in Nachbargebieten ver-

mutet (mündliche Mitteilung)*. Am Ostende bei Hopa ist die nachsenonische Faltung dagegen schwach.

Umstritten sind die Verhältnisse im südlich anschließenden Gebiet. Nach der älteren, aber auch heute noch von vielen Forschern vertretenen Auffassung (Stille, Kober, N. Egeran, A. Archangelski) gehören die südlich der Pontiden liegenden Anatoliden ebenfalls noch zum Nordstamm; Inneranatolien mit seinen Massiven sei das Zwischenland. Nach E. Nowack und K. Leuchs aber liegt die Scheitelung zwischen Nord- und Südstamm in der Paphlagonischen Narbe, welche Pontiden und Anatolien trennt. Die inneranatolischen Massive würden demnach innerhalb des viel breiteren Südstammes liegen. In analoger Weise faßt E. Bončev die Nordrandstörung der Rhodopisch-Makedonischen Masse als Scheitellinie zwischen Nord- und Südstamm auf.

Das Argument E. Nowacks für die Verknüpfung der Anatoliden mit der serpentinreichen Vardarzone lag im Auftreten der „dinarischen" Serpentin-Hornsteinfazies in Nordanatolien südlich der Paphlagonischen Narbe. Es wird heute bekräftigt durch den Nachweis des paläozoischen Alters der Serpentine in beiden Gebieten (G. Hiessleitner und P. de Wijkerslooth). Demgegenüber gibt es in der osthellenischen Zone und im Taurus, welche ebenfalls verbunden werden, trotz Hiessleitner sicher auch junge Serpentine[1].

Der an sich richtige Einwand Ishan Ketins, daß die der paphlagonischen Narbe folgende junge Störungs- und Erdbebenlinie die Faltenachsen zum Teil spitzwinkelig schneidet, braucht kein Gegenargument gegen die Narbe sein; junge Brüche folgen ja oft nur ungefähr den älteren Strukturlinien.

Taurus, Helleniden und Dinariden werden seit E. Suess zu einem einheitlichen Bogen verbunden. Dasselbe gilt für die Außenfalten dieses Bogens, also die Iraniden, die Gebirgsketten Cyperns und Kretas und die adriatische Randzone.

Der Vergleich der sialischen magmatischen Zyklen im tauridisch-dinaridischen Stamm und den vielleicht dazugehörigen Zwischenmassiven ist nicht so genau durchführbar wie im Nordstamm, weil das Alter der Intrusiva im kleinasiatischen Teil noch vielfach ungenau bestimmt ist und erst jetzt im Zuge

* Anmerkung während der Korrektur: P. de Wijkerslooth hat eine Malm-Urgondecke schon 1939 bei Karabük erkannt (briefliche Mitteilung).

[1] Über das Alter verschiedener griechischer und kleinasiatischer Serpentine und die daraus ableitbaren Folgerungen soll an anderer Stelle berichtet werden.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Neukartierung des Landes durch das M. T. A. in Ankara eine Klärung erfährt. Gemeinsam ist dem rhodopisch-mazedonischen und dem inneranatolischen Massiv ein sehr verbreiteter jungtertiärer Effusivvulkanismus und gemeinsam ist der Vardarzone und den Tauriden ein eozäner Plutonismus. Für den miozänen Plutonismus SO-Europas ist in Kleinasien nach P. Arni nur in den Tauriden ein Äquivalent gefunden worden.

Nordstamm und Südstamm vereinigen sich bekanntlich in den Alpen, wobei die Südalpen nicht eine unmittelbare Fortsetzung, sondern eine Ablösung der Dinariden darstellen. Trotzdem gerade in letzter Zeit auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien manche neue bedeutende Überschiebungsdecke durch Kartierung festgestellt wurde, ist doch nirgendwo im mediterranen Orogen eine solche Übereinanderhäufung von Decken bekannt wie in den Alpen. Manche Hypothese, die früher ähnliches für Zentralanatolien oder Jugoslawien konstruiert hat, ist aufgegeben worden.

Die westmediterranen Gebirgszusammenhänge sind nach dem Bilde von Kober und Stille klar. Unterschiedliche Auffassung herrscht nur hinsichtlich des Apennins, dessen Nordteil von Staub mit dem Alpenbogen verbunden wird, während Kober ihn zur Gänze als ein Glied des Südstammes ansieht. Die Fortsetzung des Südapennins in den Atlas ist wieder unbestritten. Das gilt auch für die Faltungszeiten: Die Hauptphase im Apennin wie im Atlas ist die pyrenäische (mitteleozän); aber in Tunesien sind auch altmiozäne Faltung und jungmiozäne bis pliozäne Bruchtektonik noch stark wirksam gewesen. Der sialische Plutonismus der alpidischen Ära ist im Apennin (Elba) wie im Atlas (algerisch-tunesische Küstenzone) miozän.

Wenn wir das mediterrane Orogen nach den tektonischen, magmatischen und metallogenetischen Verhältnissen in drei Hauptabschnitte unterteilen, so stellt sich der zeitliche Ablauf der jeweils wichtigsten Ereignisse gemäß folgender Tabelle dar, wobei von den erzfreien Außenzonen der Gebirge, in denen die Faltung stets jünger ist, im Hinblick auf unsere Themenstellung abgesehen wurde.

Nach R. Staubs tiefgründiger Synthese der alpinen Leitlinien Europas liegt der Nordrand des durch seinen Vorstoß gegen den eurasiatischen Kontinent aufgesplitterten altafrikanischen Blockes im Osten in der Paphlagonischen Narbe, begleitet dann, nach NW vorstoßend, den Nordsaum der Rhodopischen und Pannonischen Masse, zieht die nördlichen Alpen entlang, springt dann scharf nach Süden zurück, der zum europäischen Vorland ge-

	Ostabschnitt (Kleinasien und SO-Europa)		Mittelabschnitt (Westkarpaten und Alpen)		Westabschnitt (Apennin, Spanien, Atlas)	
Pliozän.	VVV	M			OOO	M
Miozän	PPP VV	M	V	M	P V	M
			OOO		OOO	
Oligozän			PPP	M		
Eozän	OOOOOO				OOOOOO	
	PPPP	M	P			
	OOOOOO		OOOOOOOO			
Oberkreide	VVVV					
	OOOOOO		OOOOOO			
Unterkreide						

Zeichenerklärung:

OOOOOOO = stärkste orogenetische Phase
PPPPPPPP = Plutonismus
VVVVVVVV = Vulkanismus
M = Metallogenese.

hörigen kordisch-sardischen Masse ausweichend, und verläuft schließlich wieder in O—W-Richtung längs der Betischen Kordillere. Nach dieser Vorstellung liegen also der Südstamm des alpinen Orogens und das Zwischenland des Stille Koberschen Schemas noch im Bereich des afrikanischen Blockes; in der Betischen Kordillere ist sogar ein Teil des Nordstammes in Altafrika einbezogen. R. Staubs Entwurf ist in mancher Hinsicht zwar komplizierter, aber wahrscheinlicher als das allzu logisch anmutende Bild des verschlungenen kontinuierlichen zweistämmigen Orogens.

Allerdings wird man m. E. wohl Bedenken haben, die ostalpinen Schubmassen als deformierte Bestandteile des seinerzeitigen afrikanischen Blockes anzusehen; dagegen sprechen die vielfach festgestellten Querverbindungen altpaläozoischer Meereströge und variszischer Faltenzüge von den Alpen zum außeralpinen Europa: der Schollenrand mag also südlich der Zentralalpen zu suchen sein.

Begriffe der Metallogenese.

Der Begriff der metallogenetischen Provinzen und metallogenetischen Epochen ist vor rund 40 Jahren von L. de Launay geschaffen worden. Nach der Definition dieses Begründers der vergleichenden Lagerstättenkunde enthält eine metallogenetische Provinz einen bestimmten regionalen Typ von Lagerstätten, der von

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dem tektonischen Stil dieses Großbereiches der Erde abhängt. de Launay hat die Provinzen im wesentlichen geographisch nach den ganz großen Baueinheiten der Erdkruste abgegrenzt.

Der Gesichtspunkt der stofflichen Verwandtschaft innerhalb der metallogenetischen Provinzen wurde von J. E. Spurr (1923) in den Vordergrund gestellt: „A metallogenetic[2] province is one in which the metals possess a unity, a blood relationship, distinctive of that province."

Unter Einbeziehung des zeitlichen Faktors, also der Zusammengehörigkeit von orogenetischer einschließlich magmatischer und metallogenetischer Epoche, hat 1942 A. Helke den prägnanten Satz formuliert: „Zum Orogen gehört das Chalkogen"[3].

Unter Berücksichtigung der natürlich abgrenzbaren Einheiten seien hier folgende Definitionen vorgeschlagen:

Das Metallogen sei die Gesamtheit der Erzlagerstätten in einem Orogen oder einer anderen tektonischen Großeinheit. Wenn ein Orogen zusammengesetzt ist aus Teilstücken, die in verschiedenen Faltungsären gebildet wurden, z. B. der variszischen und alpidischen, so umfaßt das Metallogen die Erzlagerstätten mehrerer metallogenetischen Epochen.

Die metallogenetische Provinz oder Erzprovinz umfasse die Gesamtheit der Erzlagerstätten, die in einem tektonisch und magmatologisch abgrenzbaren Großabschnitt eines Orogens während einer orogenetischen Ära, also in einer metallogenetischen Epoche, gebildet wurden. Verwitterungslagerstätten und sedimentäre Lagerstätten sind mitinbegriffen (z. B. gehört der Kupferschiefer zur variszischen mitteldeutschen Erzprovinz).

Die metallogenetische Unterprovinz umfasse alle Erzlagerstätten, die während einer oder einiger aufeinanderfolgender orogenetisch magmatischer Phasen (metallogenetischer Phasen) zumeist in bestimmten tektonischen Zonen des Orogens gebildet wurden. Diese Lagerstätten zeigen eine genetische und stoffliche Verwandtschaft.

Ein metallogenetischer Bezirk oder Erzbezirk sei ein räumlich abgrenzbarer geschlossener Teil einer metallogenetischen Unterprovinz. Auch für seine Lagerstätten gilt naturgemäß Gleichzeitigkeit oder zumindest ein

[2] Von Spurr später ungeeigneter Weise „metallographic" genannt.
[3] Im Sinne einer gleichklingenden Terminologie wäre der Ausdruck „Metallogen" vorzuziehen, zumal im Griechischen das Wort chalkos für Kupfer und Kupferbronze verwendet wird.

relativ enger Zeitraum der Bildung und genetisch-stoffliche Verwandtschaft.

Demgegenüber sei als Metallprovinz die vor allem von E. Spurr am Beispiel des Kupfers in Arizona dargestellte Erscheinung bezeichnet, daß bestimmte Metalle in bestimmten Gebieten der Erde zu verschiedenen Zeiten immer wieder in Vormacht erscheinen.

Die mediterranen metallogenetischen Provinzen.

1. Die südosteuropäisch-anatolische Provinz.

Die nachstehende Unterteilung dieser Provinz gründet sich auf zwei Studien, die der Verfasser über die Metallogenese in SO-Europa (W. E. Petrascheck 1953) und in Anatolien (W. E. Petrascheck 1954) veröffentlicht hat. Im Nordteil des Orogenabschnittes liegt die 1900 km lange subbalkanisch-pontische Unterprovinz, welche in NO-Serbien beginnend, sich über Bulgarien und die Pontische Küstenkette fortsetzend bis zur SO-Ecke des Schwarzen Meeres und nach A. Archangelski weiter nach Armenien zieht. An senone submarine Andesite sind Manganerzlager, Pyrit- und Kupfererzimprägnationen gebunden und die untereozänen Andesit-, Dazit- und Quarzdioritdurchbrüche bringen neuerdings vorwiegend Kupfererz, zum Teil auch, besonders in der nordwestlichen Fortsetzung, dem Banat, zusätzlich Magnetit. Die Lagerstätten von Požarevo bei Sofia (Mn), Jambol (Mn), Eregli (Mn), Banat (Magnetit, Cu), Maidanpek (Pyrit, Cu), Bor (Pyrit, Cu), Panagjurište (Cu), Krumovo (Magnetit), Burgas (Cu), Küre (Pyrit, Cu), Trapezunt (Cu), Gümüshane (Pb, Zn, Cu), Murgul (Pyrit, Cu) und Kuvashane (Cu) sind wichtige Glieder dieser Unterprovinz.

Die innerdinarisch rhodopisch westanatolische Unterprovinz führt vor allem Blei- und Zinkerz, sehr oft mit kennzeichnenden Beimengungen von Wismut und Arsen, und in selbständigen Lagerstätten auch Antimon und Molybdän. Die Lagerstätten sind zum größten Teil unmittelbar an den miozänen Vulkanismus und Plutonismus, zum kleinen Teil wohl auch an einen eozänen Plutonismus gebunden. Der rhodopische Bezirk ist stärker plutogen, der innerdinarische und der westanatolische mehr vulkanogen.

Wichtige Lagerstätten sind in SO-Europa: Trepča (Pb, Zn), Kapaonik (Pb, Zn), Srebrenica (Pb, Zn), Kostajnik (Sb), Lissa (Sb), Mačkatica (Mo), Axiopolis (Mo), Kratovo-Zletovo (Pb, Zn), Madan (Pb, Zn), Nevrokop (Sb), Lachana (Sb) und in Westanatolien Balya

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Maden (Pb, Zn) und etliche Antimonlagerstätten. Die Ähnlichkeit von Balya Maden mit jugoslawischen Blei-Zink-Lagerstätten, bei denen ebenfalls Kalke von jungtertiären Daziten durchbrochen werden, ist sehr groß. Hier ist genetisch auch der miozäne vulkanogene Erzbezirk Siebenbürgens anzuschließen.

Die ägäisch-tauridische Unterprovinz, in einen griechischen und einen südostanatolischen Bezirk trennbar, führt Blei, Zink, Barium und Mangan. Das Alter der Vererzung im ägäischen Bezirk ist mittel- bis jungtertiär, im Taurus wahrscheinlich etwas älter (eozäne Syenite). Die Hauptlagerstätten sind: Thasos (Zn, Ba), Kirka (Pb, Zn), Kassandra (Pyrit, Pb, Zn, Mn), Drama (Mn), Laurion (Pb, Zn, Ag, Mn, Ba), Milos (Mn, Ba), Anamur (Pb, Zn, Ba), Bolkerdagh (Pb, Zn, Ba), Keban (Pb, Zn).

Der Altmeister des provinziellen Erzlagerstättenvergleiches L. de Launay hat schon 1911 auf die Ähnlichkeit der metasomatischen Blei-Zink-Lager von Bolkardagh im Taurus und Laurion in Attika hingewiesen. Noch größer ist die Analogie zwischen Keban und Laurion; in beiden Fällen bestimmen Permeabilitätsgrenzen, durchsetzende Porphyrgänge und kleine Aufwölbungen die Lage der mesothermalen Blei-Zink-Körper. Die attischen wie die taurischen Blei-Zink-Erze sind vielfach in Lösungshohlräumen der Kalke abgesetzt, was wohl auf eine ähnliche Beschaffenheit der erzbringenden Hydrothermen zurückgeht.

Die iranidisch osthellenische Unterprovinz führt Kupfererz, an mesozoische diabasische Magmen gebunden. Hieher gehört Ergani Maden am oberen Tigris, Ermioni im östlichen Peleponnes, ein Kupfervorkommen bei Volos und vielleicht in gewisser Hinsicht auch Cypern.

Die südosteuropäisch-anatolische Metallprovinz hat als gemeinsames Merkmal, daß die ganz überwiegende Anzahl ihrer Erzlagerstätten eindeutig in engster Beziehung zu sichtbaren Magmen steht. Tektonische Einflüsse spielen demgegenüber eine untergeordnete Rolle.

Innerhalb von Andesiten befinden sich z. B. die Erzkörper von Bor, Panagjurište, Murgul; um Vulkanschlote gruppieren sich die siebenbürgischen Goldgänge, die Pb-Zn-Erze von Trepča und anderer jugoslawischer Lagerstätten sowie von Balya Maden; am Kontakt von Intrusiven liegen die Lagerstätten des Banates des Bihorgebirges, von Krumovo, von Kassandra, von Divrik; ja selbst die kühler gebildeten metasomatischen Blei-Zink-Lagerstätten von Laurion und des Taurus folgen noch vielfach granit-porphyrischen Quergängen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Auch innerhalb der einzelnen Erzlagerstätten dominieren vielfach die magmatisch bedingten Reaktionen gegenüber den tektonischen Vorzeichnungen.

Die Karte, die K. Stier von der durch Bruchlinien bestimmten Anordnung der Erzlagerstätten der Balkanhalbinsel veröffentlicht hat (1950), ist ein Gewaltstreich und ist auch von A. Cissarz (1951) mit Recht kritisiert worden. Auf dieser Karte werden die tektonischen Zonen, die natürlich ein dinarisches Streichen haben und in denen sich die verschiedenartigsten Eruptiva und Lagerstätten befinden, als Störungslinie gezeichnet, und werden überdies z. B. durch Griechenland Querverwerfungen dargestellt, die kein Mensch je kartiert hat. Der relativ schwache Einfluß der Bruchtektonik selbst auf die Lage der Intrusiva ist an dem Auftreten der postlaramischen (untereozänen) Grenzzonenplutonite des Banates und Bulgariens zu sehen, welche der subbalkanischen Zone zwar ungefähr folgen, aber doch gelegentlich über die tektonischen Grenzen dieser Zone hinaustreten (Abb. 1).

Erzlagerstätten ohne erkennbaren zugehörigen Magmatismus in der südosteuropäisch-anatolischen Provinz sind eine Ausnahme. Hieher gehören die kleinen Blei-Zink-Kupfer-Vorkommen im Isker Gebiet nördlich von Sofia, vielleicht die Sideritlagerstätten der Poiana Rusca und der an eine lange Verwerfung geknüpfte Blei-Zink-Gang von Karasu in NW-Anatolien.

2. Die westkarpatisch-alpine Provinz.

In der Slowakei liegt die vulkanogene Au-Sb-Ganggruppe von Schemnitz-Kremnitz, noch mit allen Merkmalen der magmen-

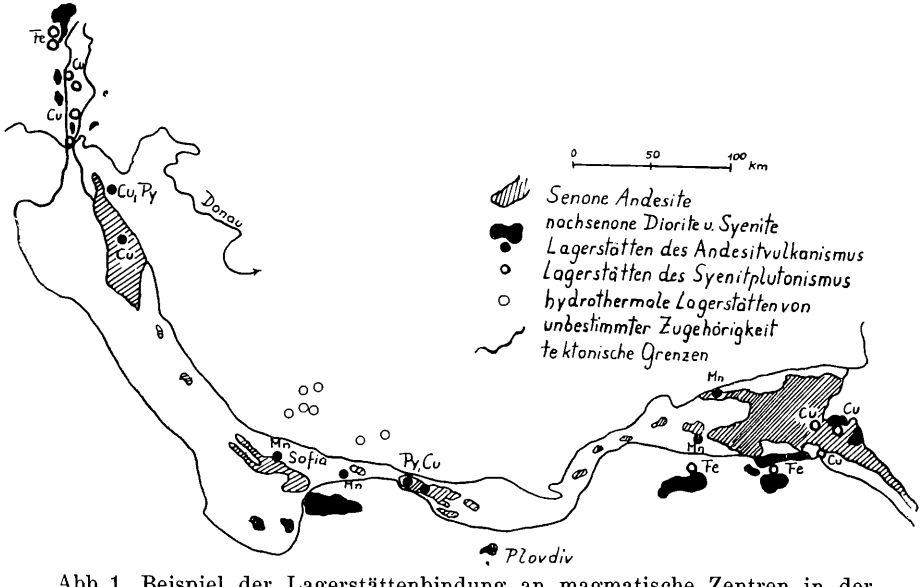

Abb. 1. Beispiel der Lagerstättenbindung an magmatische Zentren in der anatolisch-südosteuropäischen Erzprovinz: Die Subbalkanische Zone (nach W. E. Petrascheck).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bedingten Südostprovinz. Aber mit ihr durch Antimon und Gold blutsverwandt erscheint in dem Zipser Erzgebirge eine plutogene Lagerstättengruppe von Sideritgängen mit akzessorischen Sulfiden und vielleicht auch zugehörigen Magnesitlagerstätten, deren Bindung an kleine tertiäre Granitdurchbrüche erst in neuerer Zeit R. Schoenenberg (1947) ganz eindeutig nachweisen konnte. Diese Lagerstätten gleichen völlig jenen der nordalpinen Grauwackenzone, für welche keine magmatische Zugehörigkeit erkennbar ist, und bilden somit den Ostbezirk einer langen und einheitlichen Zipser-Grauwackenzonen-Unterprovinz, deren westlicher Bezirk von Pitten in Niederösterreich bis Schwaz in Tirol reicht. Die wichtigsten Glieder dieser Unterprovinz sind: Dobschau (Siderit, Hg), Rosenau (Siderit, Sb, Co, Ni), Spiška Banja (Sb), Neuberg (Siderit, Cu), Erzberg (Siderit, Hg), Radmer (Siderit, Cu), Werfen (Siderit), Mitterberg (Cu, Siderit, Co, Ni), Brixlegg (Cu), Schwaz (Cu, Hg).

Eine zweite deutlich unterscheidbare alpine Unterprovinz ist die der Goldquarzgänge der östlichen Hohen Tauern und des Monte Rosa. Plutogene Quarzgänge mit Gold, Pyrit, Arsenkies und anderen spärlichen Sulfiden sind das gemeinsame Kennzeichen dieser an Aufwölbungen gebundenen spätorogen gebildeten Ganglagerstätten, deren östlicher Bezirk viel reicher ist als der westliche in der Schweiz.

Die Penninische Grünschiefer Unterprovinz mit Kieslagern tritt in der Schieferhülle der Tauern und verbreitet im Penninikum der Westalpen auf.

Sehr charakteristisch ist schließlich die kalkalpine Blei-Zink-Unterprovinz mit einem reicheren südalpinen und einem ärmeren nordalpinen Bezirk. Littai, Mieß, Bleiberg-Kreuth, Raibl und Auronzo sind nur einige wichtige Lagerstätten des Südbezirkes; bei Annaberg in Niederösterreich, bei Scharnitz in Tirol und in den Bayrischen Kalkalpen liegen die viel kleineren Vorkommen des Nordbezirkes. Dieser Zug von epithermalen Pb-Zn-Vorkommen tritt in Vorarlberg aus den Kalkalpen ins Kristallin über und zeigt auch dadurch seine hydrothermale Abkunft an.

Der in jüngster Zeit vielfach und zum Teil mit sorgfältigen Beobachtungen vertretenen Auffassung einer sedimentären Herkunft der Blei-Zink-Lagerstätten in der mittleren Trias der nördlichen und südlichen Kalkalpen kann ich mich aus folgenden, hier nur kurz anzudeutenden Gründen nicht anschließen: Es fehlt eine stratigraphische Horizontbeständigkeit. Die Bindung an Verwerfungen und Klüfte ist unverkennbar und leitet auch die Erzsuche. Selbst von den Anhängern der sedimentären Entstehung wird zugegeben, daß das meiste Erz epigenetisch auftritt; der hiefür herangezogene spätere Lösungsumsatz ist aber ein unbewiesener „deus

ex machina". Die überwiegende Mehrzahl der als sedimentär gedeuteten Strukturen ist auch als Absatz aus konzentrierten erzbringenden Hydrothermen in Lösungshohlräumen deutbar. Rinnen und Schluchten im Schlamm des Meeresbodens, in welchen die sulfidischen Erze lokal sedimentiert worden seien, sind in einem stagnierenden Wasser, das allein die Ausfällung von Sulfiden zuläßt, unwahrscheinlich.

Mit der Nennung dieser Unterprovinzen sind noch nicht alle Lagerstättentypen der Alpen erfaßt, deren Mannigfaltigkeit gerade aus den letzten Arbeiten F. Huttenlochers (1953) über die Westalpen und O. M. Friedrichs (1953) über die Ostalpen erkennbar wurde.

Über die Erzlagerstätten der Alpen verdanken wir, an die Synthese Wilhelm Petraschecks (1926) anschließend und über sie hinausgehend, die wichtigsten genetischen Darstellungen E. Clar, O. M. Friedrich, G. Hiessleitner und F. Huttenlocher.

Die gemeinsamen Merkmale der westkarpatisch alpinen metallogenetischen Provinz sind: kaum und nur in Ausnahmefällen erkennbare Beziehung zu Magmatismus, deutliche Verbindung mit der alpinen Regionalmetamorphose und deutliche Verknüpfung mit alpinotypen, sehr viel seltener mit germanotypen Störungslinien.

Die Verbindung mit Magmatismus ist in der Slowakei nach R. Schoenenberg erkennbar. In den Alpen ist zwar ein synorogener sialischer Plutonismus altbekannt; über ihn hat erst kürzlich zusammenfassend H. P. Cornelius (1949) und H. Leitmeier (1954) mit Bezug auf die Metallogenese berichtet. Aber auf die Gruppierung der Lagerstätten übt er kaum einen Einfluß aus. Darum entstanden hier die Vorstellungen von der metamorphogenen oder gar der sekundär hydrothermalen Natur der erzbringenden Lösungen. G. Hiessleitner hat kürzlich die wenigen Ganggesteine, die in den Erzlagerstätten bei Oberdrauburg und bei Mitterberg auftreten, als die „Nabelschnur" bezeichnet, welche unsere Lagerstättenprovinz mit dem Muttermagma verbindet.

Um so deutlicher ist die räumliche und mineralparagenetische Beziehung der alpinen Erzlagerstätten zu den Höfen der jungen Kristallisationsmetamorphose, worauf Clar und Friedrich schon früh für die Ostalpen hingewiesen haben und was von Huttenlocher auch für die Westalpen erkannt wurde. Daraus ist der Schluß auf eine gemeinsame, zum Teil tiefenmagmatische Ursache von Metamorphose und Erzlagerstättenbildung gezogen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

worden. Das am besten bekannte Beispiel ist der Kristallisations- und Lagerstättenhof um die östlichen Tauern.

Die tektonische Bindung der Lagerstätten beschränkt sich aber nicht nur auf solche Kuppeln des Deckenbaues, sondern folgt auch großen alpinotypen Störungslinien. Schon in der Slowakei sind nach Schoenenberg die Siderit- und Antimonerzgänge an zwei alpinotype Linien, die Carbonschuppenzone und den Nordrand des Göllnitzer Massivs geknüpft. In den Ostalpen gehört nach Clar und Friedrich hierher der dicht besetzte Lagerstättenstreifen der nördlichen Grauwackenzone, der aber bisweilen etwas in die Kalkalpen und dann wieder in die Zentralalpen hinüberpendelt, so die Herkunft der Erze aus einer Strukturlinie des tiefen

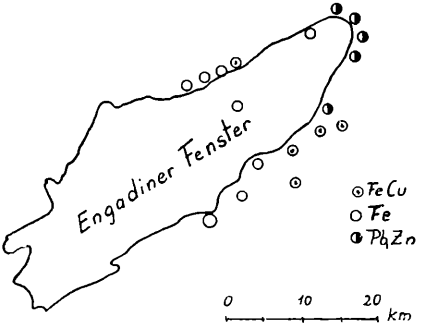

Abb. 2. Beispiel der Lagerstättenbindung an alpinotype Störungslinien in der westkarpatisch-alpinen Erzprovinz: Das Engadiner Fenster (nach O. M. Friedrich).

Untergrundes andeutend. Diesen Zusammenhang hat schon O. Ampferer vermutet, als er von der erzfördernden Verschluckungsbahn unter der Grauwackenzone sprach.

Die Lokalisierung zahlreicher Lagerstätten an Überschiebungsflächen ist am Beispiel des Engadiner Fensters, der Turracher Decken und bei Werfen durch O. M. Friedrich gezeigt worden (Abb. 2).

Daneben gibt es auch Erzlagerstätten, welche an germanotype Störungen geknüpft sind. Das haben für die Tauerngoldgänge A. Kieslinger und Chr. Exner dargestellt, indem diese geradlinigen Gänge senkrecht zur spätorogenen Wölbungsachse der östlichen Tauernkuppel streichen. Ähnliches gilt für die Goldquarzgänge des Monte Rosa und Gran Paradiso. Die Kärntner Blei-Zink-Lagerstätten sind nach H. Holler einem jungen Verwerfungssystem zugeordnet. Die Lagerstätte von Hüttenberg folgt

nach E. Clar und E. Haberfelner der Querstörung des Görschitztales. Aber das eigentliche junge germanotype Bruchnetz, welches das Braunkohlenmiozän begrenzt, ist erzfrei. Auch das ist ein Argument gegen eine sekundär-hydrothermale Lagerstättenbildung in den Ostalpen nach H. Schneiderhöhn.

3. Die westmediterrane Provinz.

Apennin und Pyrenäen sind arm an jungen Erzlagerstätten. Nur Elba (Fe) und die Provinz Toskana (Cu, Hg) sind wichtig. Erst weiter im Westen setzt die bleireiche Betische Unterprovinz mit Mazarron (Pb, Zn) und Cartagena (Pb, Zn) an. Im Süden findet sich ein großer Metallreichtum erst wieder im Atlas. Dessen zahlreiche Erzlagerstätten, die schon von L. de Launay (1903) zusammengefaßt wurden, haben eine moderne Bearbeitung von P. Sainfeld, Ch. Gottis und J. Bolze (Tunesien), L. Glangeaud und J. Bolfa (Algerien), E. Raguin und L. Eyssautier (Marokko) erfahren.

Dem Vorbild de Launays folgend, können wir an der nordafrikanischen Küste eine kabylische Unterprovinz ausscheiden, welche mit vorwiegend miozänen Daziten, Andesiten und Mikrograniten in unmittelbarem Zusammenhang steht. Pyrit, Kupfererz, dunkle Zinkblende, Bleiglanz und Hämatit sind die wesentlichen Metalle dieser meist kleinen Lagerstätten. Als Vertreter seien genannt: Ain Barbar (Cu, Zn, Pb), Collo (Py), Ain Kechera (Zn, Pb), Cavallo (Cu, Zn, Pb), Bougie (Cu), Cap Tenes (Cu), Miliana (Cu, Fe, Pb). Wenngleich diese Lagerstätten größtenteils einen subvulkanischen Charakter haben, gehen sie doch nach Süden durch eine stetige Zunahme von Blei und Zink in die große epithermale Blei-Zink-Unterprovinz des Atlas über. Das Zwischenglied der magmennahen polymetallischen Zone und der sehr kühl temperierten Blei-Zink-Lagerstätten sind vielfach Sideritlagerstätten, welche allerdings an der Oberfläche meist zu Brauneisenerz verwittert sind. Die Häufungsstellen der Cu-Pb-Zn-Fe-Vorkommen fallen mit den Häufungsstellen tertiärer magmatischer Gesteine zusammen; z. B. westlich Alger, Bougie-Cavallo, östlich Tabarka.

Nordöstlich Tebessa im algerisch-tunesischen Grenzgebiet, 100 km südlich der Küste und fern von allen Eruptiven liegen einige große Sideritlagerstätten, nämlich Djerissa, Slata und Ouenza; Zlata führt Bleiglanz und Siderit. Das Erz von Ouenza und Djerissa hat einen Gehalt von einigen Hundertsteln Prozent Blei und Zink (ebenso wie das Eisenerz von Douaria

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

im Norden). In Ouenza kommen auch bisweilen Äderchen mit Kupfererz vor. Beim Djebel Chouichio (Tunesien), etwas nördlicher im gleichen Gebiet, liegen kleine Gänge mit Siderit, Kupferkies und Pyrit. Westlich von Philippeville in Algerien wurden Pb-Zn-Gänge mit sideritischer Gangart abgebaut. Auf Gerrouma, westlich Palestro, hat W. Niedermüller (Dissertation, Leoben 1954) in den Blei-Zink-Gängen eine stetige Zunahme des Siderits mit der Tiefe festgestellt. Die Sideritlagerstätten des Atlas stellen also offensichtlich eine Zwischenzone zwischen Kupfererzlagerstätten von etwas höherer Bildungstemperatur und Blei-Zink-Lagerstätten von geringerer Bildungstemperatur dar.

Wichtige Lagerstätten der epithermalen Atlas-Unterprovinz sind: in Tunesien Douaria (Fe), Djerissa (Fe), Slata (Fe, Pb), Dj. Ressas (Pb, Zn), El Grefa (Pb), Dj. Hallouf (Pb), Sidi Bou Aouane (Pb), Sidi Youssef (Pb, Zn), Sidi Amor (Pb); in Algerien Ouenza (Fe), Mesloula (Pb, Zn), Hamam N'Baies (Zn, Pb, Sb), Ouarsensis (Pb, Zn), Gerrouma (Pb, Zn), Sidi Rgheiss (Pb, Sb); in Marokko Bou Beker-Toussit (Pb, Zn), Aouli (Pb), Mibladen (Pb), Khenifsa (Fe).

Von den gemeinsamen Merkmalen der westmediterranen Provinz sei aus prinzipiellen genetischen Gründen vorerst die wenigstens teilweise eindeutige Bindung an Magma hervorgehoben. Das gilt für Elba mit seinem tertiären Granit, für die Betische Kordillere mit ihren jungen Vulkaniten und für die algerische Küstenregion. Die saueren bis intermediären Effusiva und Intrusiva Nordalgeriens sind nach L. Glangeaud postburdigalisch. Die Intrusiva sind nicht Ausbisse großer Plutone, sondern mikrogranitische oberflächennahe Quellkuppen, deren individualisierte Struktur ich zumindest bei Cavallo durch einige „granittektonische" Aufnahmen feststellen konnte. An diese magmatischen Zentren sind die kupferreichen polymetallischen Lagerstätten geknüpft. Um diese Zentren sind aber, wie J. Bolze (1953) kürzlich betont hat, schon blei-zink-reichere Vorkommen gelagert, und von diesen leitet ein stetiger Übergang über meist oxydische Sideritlagerstätten zur großen telemagmatischen Pb-Zn-(Sb)-Unterprovinz des Atlas.

Die Alterseinstufung dieser Pb-Zn-Unterprovinz stimmt mit diesen Verhältnissen überein. P. Sainfeld hat dargestellt, daß die Vererzung in Tunesien bis in die pontische Stufe hinaufreicht, in Algerien vorwiegend Mittelkreide bis Alttertiär, aber zum Teil auch noch das Miozän erfaßt hat, während sie in Marokko nicht höher hinaufgeht als in jurassische Nebengesteine.

In tektonischer Hinsicht ist das auffälligste Merkmal die Bindung der Vererzung an germanotype Störungen, vor allem an Verwerfungsspalten. Schon in Rio Albano auf Elba ist das zu

sehen, wo die Roteisenerzkörper jungen Staffelbrüchen folgen, aber die tektonischen Deckengrenzen unberührt lassen, aber zur fast ausnahmslosen Regel wird das in Nordafrika. Auch dort, wo alpinotyp verformtes Nebengestein vorliegt, wie in der kleinen Kabylie und an ihrem Südrand, liegen die geradlinigen Gänge von Ain Kechera. Der eigentliche Atlas hat bekanntlich einen dem Faltenjura vergleichbaren Baustil, ergänzt durch das eigenartige Phänomen der diapiren Trias. Es ist altbekannt, daß die Blei-

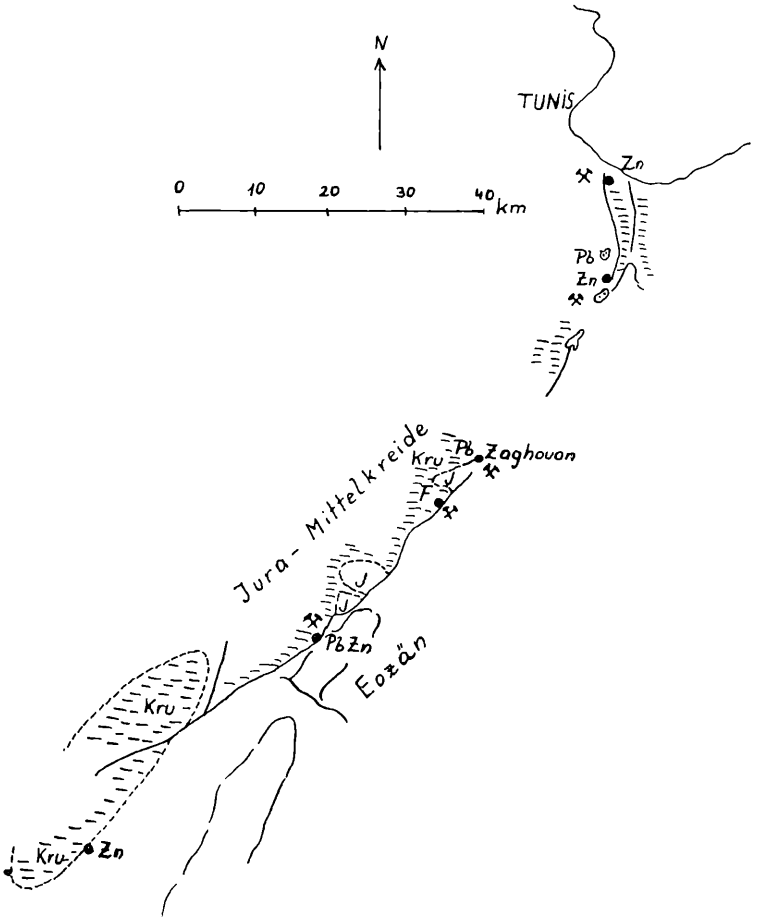

Abb. 3. Beispiel der Lagerstättenbindung an germanotype Störungslinien in der westmediterranen Erzprovinz: Osttunesien (nach G. Castany).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zink-Lagerstätten den Randspalten der Triasaufbrüche oder von ihnen abzweigenden Verwerfungen mit Vorliebe folgen. Als wenige Beispiele von vielen sei die Bindung der Pb-Zn-Gänge an Sattelverwerfungen von Amdouns und an Fiederspalten des Djebel Hallouf in Tunesien, an Sattelspalten der Antiklinale von Gerrouma in Algerien und an die Fortsetzung der Verwerfungsspalte von Aouli in Marokko genannt. Auch die Eisenerzlagerstätten von Djerissa und Ouenza sind von Verwerfungsspalten kontrolliert. Eine Reihe von Pb-Zn- und Fluoritlagerstätten liegt an der 100 km langen und bis 4000 m versetzenden Verwerfung von Zaghouan, die von Kairouan bis zum Golf von Tunis zieht (Abb. 3).

Das Großbild der Erzverteilung im Orogen.

Wir haben im vorstehenden das mediterrane Metallogen der alpidischen Ära in drei Großabschnitte unterteilt: in die südostmediterrane Provinz mit vorherrschendem Einfluß der Magmatite auf die Lagerstättenverteilung, in die westkarpatisch-alpine Provinz mit vorherrschendem Einfluß der alpinotypen Störungen und der alpinen Metamorphose und in die westmediterrane Provinz mit einem gewissen Einfluß der Magmatite und vorherrschendem Einfluß der germanotypen Störungen.

Die metallogenetischen Sonderverhältnisse des Mittelabschnittes, besonders der Alpen, dürften auf die besonders starke Einengung des Orogenstranges in diesem Raum, auf die einzigartige Übereinanderstapelung zahlreicher Decken zurückzuführen sein. Dadurch wurden im Zusammenhang mit den vielen besonders starken Aufschmelzungs- und Granitisierungsvorgängen in der Tiefe im ganzen Gebirgskörper weiträumig gleichmäßige Druck- und Temperaturverhältnisse geschaffen, welche eine regionale Kristallisation und Mineralisation begünstigten. Der Temperaturgradient war relativ gering, woraus sich die großzügige Metallzonenanordnung und die große primäre Vererzungstiefe vieler ostalpiner Lagerstättengruppen ergab.

Eine andere Erscheinung einer Quergliederung des mediterranen Kettensystems zeigt sich in dem plötzlichen Nachlassen des Erzreichtums, wenn man, von Osten kommend, in den mittleren Ostalpen etwa die Linie Oberdrauburg—Schwaz überschreitet. Was sonst in Tirol oder gar in den Westalpen an jungen Erzlagerstätten, wenn auch in großer Zahl, vorhanden ist, verdient kaum den Namen Lagerstätten; es sind Erzvorkommen ohne jede wirtschaftliche Bedeutung. Die relative Erzarmut hält an im Apennin,

in den Pyrenäen und wird erst wieder im Westteil des westmediterranen Orogenabschnittes, in der Betischen Kordillere und im Atlas von einem großen Lagerstättenreichtum abgelöst.

Die Ursache kann wohl nur in einem primären Unterschied des Metallreichtums des Tiefenmagmas liegen, da diese Quergrenzen nicht mit den Grenzen des tektonischen Baustils des Kettenstranges zusammenfallen. (Die zum Teil gewiß wahrscheinliche palingene Deutung des sialischen Magmas im Orogen würde, wenn man in Befolgung eines extremen Standpunktes überhaupt keinen echtmagmatisch-juvenilen Zuschuß aus der Tiefe annimmt, das Problem nur in eine frühere Vergangenheit zurückverlegen.)

Dieser Unterschied im Erzreichtum einzelner Orogenabschnitte ist auch ein Argument gegen die Annahme einer metallogenetischen Zeugungskraft der Kristallisationsmetamorphose für sich allein. Ich habe darauf schon bei früherer Gelegenheit im Zusammenhang mit der Lagerstättenfreiheit des Paringfensters in den Ostkarpaten hingewiesen, das eine Metamorphose von penninischer Fazies hat. Noch deutlicher aber wird dies aus dem Unterschied zwischen dem Erzreichtum um die östlichen Tauern und der Erzarmut der penninischen Bereiche der Westalpen.

Aber nicht nur eine metallogenetische Quergliederung, sondern auch eine Längsgliederung des Orogens ergibt sich aus der vergleichenden Betrachtung. Deutlich zeigt sich in der südosteuropäisch-anatolischen Metallprovinz ein auffälliges Überwiegen der Zahl der Kupferlagerstätten im Nordstamm, beginnend mit der pontisch-subbalkanischen Unterprovinz und sich fortsetzend ins Banat und nach Nordsiebenbürgen. Demgegenüber liegen im Südstamm und in den vielleicht auch noch zu ihm gehörigen alten Massiven die meisten Blei-Zink Lagerstätten, nämlich die des Taurus, Westanatoliens, Griechenlands und Jugoslawiens. Für SO-Europa hat in ähnlicher Weise schon früher einmal im Zusammenhang mit dem Antimon F. Hermann auf diese Erscheinung hingewiesen. Der Unterschied setzt sich aber noch weiter nach Westen fort, indem die zonare Metallverteilung in den Ostalpen in quantitativer Hinsicht nicht symmetrisch ist: Kupfer herrscht in der nördlichen Grauwackenzone vor, Blei-Zink in den südlichen Kalkalpen.

Im Westabschnitt fällt der große Reichtum des Atlas an Blei-Zink-Lagerstätten ins Gewicht. Die großen Bleilagerstätten der Betischen Kordillere gehören allerdings zum Nordstamm.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

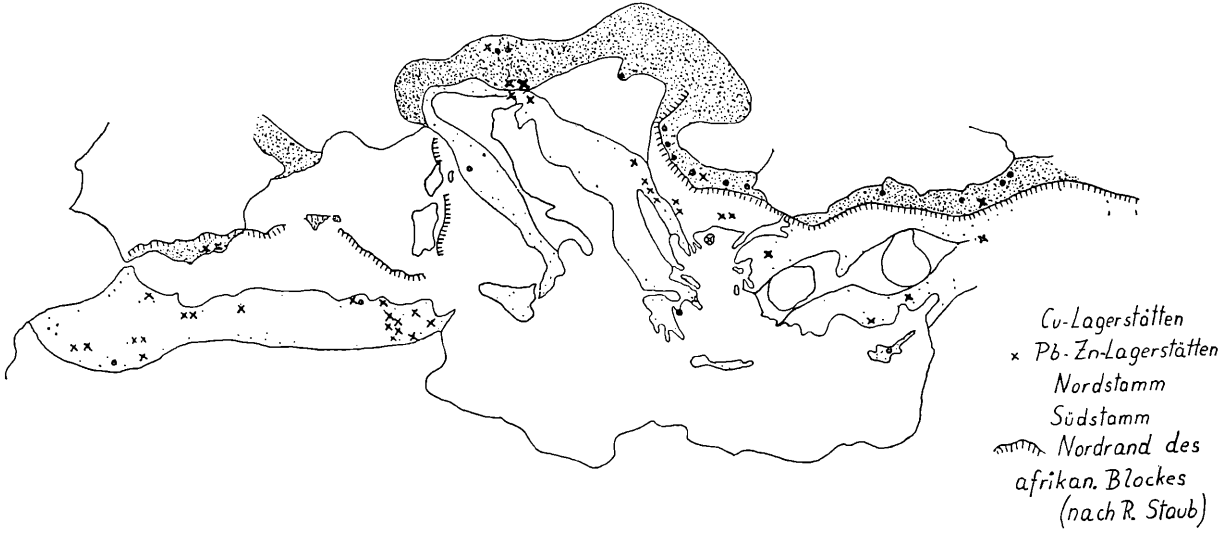

Abb. 4. Die wichtigsten Cu- und Pb-Zn-Lagerstätten im mediterranen Kettensystem.

Noch auffälliger wird die unterschiedliche Verteilung der Metalle, wenn man dem Bilde des mediterranen Orogens den ursprünglichen Rand des altafrikanischen Blockes nach R. Staub zu Grunde legt (Abb. 4). Da liegen die meisten Blei-Zink-Lagerstätten südlich des Randes, die meisten Kupferlagerstätten nördlich davon.

In der nachstehenden Tabelle ist versucht, diese unterschiedliche Verteilung auch quantitativ zu erfassen, indem — natürlich mit Unsicherheit und Fehlerquellen behaftet — der Metallinhalt der wichtigsten Kupfer- und Blei-Zink-Lagerstätten des mediterranen Orogens, zusammengesetzt aus bisheriger Produktion und einigermaßen wahrscheinlichen Reserven, angeführt ist.

Nördlich des altafrikanischen Schollenrandes.

Kupferinhalt (bisherige Produktion und Reserven) in Tonnen

Kuvashan (Pontiden)	30.000
Murgul (Pontiden)	330.000
Trapezunt (Pontiden)	10.000
Burgas (Ostbulgarien)	10.000
Panagjurište (Bulgarien)	50.000
Plakalnica (Bulgarien)	20.000
Bor (Nordostserbien)	1,600.000
Majdanpek (Nordostserbien)	1,000.000
Recsk (Ungarn)	10.000
Nordsiebenbürgen (Karpaten)	20.000
Mitterberg (nördliche Ostalpen)	150.000
Schwaz (nördliche Ostalpen)	120.000
	3,350.000

	Bleiinhalt in Tonnen	Zinkinhalt in Tonnen
Akmaden (Nordanatolien)	20.000	—
Sedmocislenici (Nordbulgarien)	10.000	30.000
Südsiebenbürgen (Karpaten)	10.000	10.000
Nordsiebenbürgen (Karpaten)	50.000	50.000
Nordtirol (Ostalpen)	20.000	10.000
	110.000	100.000

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Südlich des altafrikanischen Schollenrandes.

	Bleiinhalt in Tonnen	Zinkinhalt in Tonnen
Keban (Südosttaurus)	30.000	20.000
Bolkardag (Taurus) . . .	20.000	10.000
Balya Maden (Westanatolien)	400.000	—
Laurion (Attika)	630.000	600.000
Kirka (Thrazien) .	20.000	20.000
Thasos (Nordägais)	—	200.000
Madan (Rhodopen) .	70.000	30.000
Zletovo (Mazedonien)	10.000	—
Trepča (Südserbien)	1,080.000	720.000
Slisane (Serbien)	10.000	20.000
Miess (südliche Kalkalpen)	1,000.000	400.000
Raibl (Südalpen)	470.000	1,600.000
Bleiberg (südliche Kalkalpen)	700.000	500.000
Cartagena (Südspanien) } Mazarron (Südspanien) }	2,000.000	1,000.000
Tunesien (Atlas)	1,000.000	300.000
Algerien (Atlas)	600.000	1,500.000
Marokko (Atlas)	1,800.000	650.000
	9,840.000	7,570.000

Kupferinhalt.

	in Tonnen
Ergani Maden (Südosttaurus) .	320.000
Ermioni und Volos (Griechenland)	10.000
Monte Cattini (Apennin)	40.000
Cavallo (Algerien) . .	10.000
	380.000

Daraus ergeben sich südlich des altafrikanischen Schollenrandes insgesamt rund 9,8 Millionen Tonnen Blei und 0,4 Millionen Tonnen Kupfer, also ein Verhältnis Pb : Cu wie 26 : 1; nördlich des Randes liegen 3,3 Millionen Tonnen Kupfer und 0,1 Millionen Tonnen Blei im Verhältnis Cu : Pb wie 33 : 1.

Auch diese Beziehung kann nur irgendwie mit einer ungleichen Verteilung der Metalle in tektonischen Großzonen der Erde in Zusammenhang stehen. Sind doch die Lagerstätten dieser längsgestreckten Metallprovinzen, in welche sich die alpidischen Erzprovinzen gliedern, keineswegs gleichartig oder völlig gleich alt. Vergleichbar mit diesen Metallzonen ist etwa J. E. Spurrs „Great Silver Belt", der in einem schmalen Streifen von Nevada bis Bolivien den amerikanischen Doppelkontinent durchzieht, oder die Zinn-Wolfram-Provinz in Südostasien. Die Metalle sind offenbar in gewisser Hinsicht bodenständig im tieferen Untergrund beheimatet.

Literaturverzeichnis.

Archangelski, A.: Kratki otčerk geologičeskoj strukturi i geologičeskoj istorii SSSR. — Akad. Nauk Moskva-Leningrad 1937.

Blondel, F. et Marvier, L.: Symposium sur des gisements de fer du monde. XIX. Congr. geol. Internat. Alger 1952.

Bolfa, J.: Contribution à l'étude des gîtes métallifères de la Kabylie de Collo et de la region de Bône. Bull. Serve Carte Algerie N° 1, 1948.

Bolze, J.: Neue Ausblicke über die Metallogenese in Nordafrika. Geol. Rundschau 42, 1953.

Bončev, E.: Osnovi na tektonikata na Bulgaria — aus Géologie de la Bulgarie, Sofia 1946.

Castany, G.: Carte géologique de la Tunesie. Tunis 1953.

Cissarz, A.: Die Stellung der Lagerstätten Jugoslawiens im geologischen Raum. Geol. Vestnik, Beograd 1951.

Clar, E.: Geologische Begleitbemerkungen zu O. M. Friedrichs Lagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rundschau 7/8, Radenthein 1953.

— Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. Geol. Rundschau 42, 1953.

Cornelius, H. P.: Die Herkunft der Magmen nach Stille vom Standpunkt der Alpengeologie. Sitz-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, 158, Wien 1949.

Egeran, N.: Relations entre les unités tectoniques et les gîtes metallifères en Turquie MTA 1/35, Ankara 1946.

Eyssautier, L.: L'industrie minière du Maroc. XIX. Congr. Geol. Intern. Monographie regionales 3/2, 1952.

Friedrich, O. M.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rundschau 7/8, Radenthein 1953.

Glangeaud, L.: Histoire géologique de la province d'Alger. XIX. Congr. Geol. Internat. Monogr. reg. Alger 1952.

Hermann, F.: Die Antimonlagerstätten Mittel- und SO-Europas. Verh. Geol. B. A. Wien 1947.

Hiessleitner, G.: Ostalpine Erzmineralisation in Begleitung von Eruptivganggesteinen. Erzmetall 7, 1954.

Huttenlocher, F.: Die Vererzung der Westalpen, ihre zeitliche und räumliche Gliederung. Geol. Rundschau 42, 1953.

Kober, L.: Das alpine Europa. Berlin 1931.

Kovenko, V.: Provence metallogenique de plomb et de fer des Taurides. MTA 1/35, Ankara 1946.

de Launay, L.: Les richesses minerales de l'Afrique. Paris 1903.

— La géologie et les richesses minerales de l'Asie. Paris 1911.

Leitmeier, H.: Orogenese und Vererzung im Raum der Ostalpen. Kober-Festschrift, Wien 1953.

Leuchs, K.: Der Bauplan von Anatolien. — Jb. für Min. etc. Monatshefte, Abt. B, 1943.

Petrascheck, Walther E. jr.: Magmatismus und Metallogenese in SO-Europa. Geol. Rundschau 42, 1953.

— Vergleich der südosteuropäischen und der anatolischen Metallprovinz. MTA Ankara, erscheint im Jahrgang für 1954.

Petrascheck, Wilhelm: Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. C. R. 14. Congr. Géol. Internat. 1926.

Raguin, E.: Géologie des gîtes mineraux. Paris 1949.

Sainfeld, P.: Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie. Tunis 1952.

Schumacher, F.: The ore deposits of Jugoslavia and the development of its mining industry. Econ. Geol. 1954.

Spurr, E. J.: The Ore magmas, II. Vol. New York 1923.

Staub, R.: Über die Beziehungen zwischen Alpen und Apennin und die Gestaltung der alpinen Leitlinien Europas. Eclog. Geol. Helv. 44, Basel 1951.

Stille, H.: Über westmediterrane Gebirgszusammenhänge. Abh. Ges. d. Wissensch. Göttingen, math.-phys. Kl. N F XII/3, 1927.

— Der geotektonische Werdegang der Karpaten. Beihefte z. Geol. Jb. 8, Hannover 1953.

Wijkerslooth, P.: Einiges über die Erzprovinz des Schwarzmeerküstengebietes. MTA 1/35, Ankara 1946.